UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

157

"NORMAS DE PREVENCION Y SEGURIDAD EN LAS INDUSTRIAS POLVOSAS"

TESIS PROFESIONAL

JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO

INGENIERIA QUIMICA

1 9 7 0

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"NORMAS DE PREVENCION Y SEGURIDAD EN LAS INDUSTRIAS POLVOSAS"

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO

1 9 7 0

JURADO ASIGNADO:

Presidente:	Dr. Ramón Vilchis Zimbrón.
Vocal:	I.Q. Jorge Mencarini Peniche.
Secretario:	I.Q. Antonio Reyes Chumacero.
1er. Suplente:	I.Q. Ma. Elena Eternod Palacios.
2do. Suplente:	I.Q. Lucia Arciniega Carrillo.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

Biblioteca de la Facultad de Química.
U.N.A.M.

SUSTENTANTE:

Juan Antonio López Cillero.

ASESOR DEL TEMA:

Dr. Ramón Vilchis Zimbrón.

Agradezco la invaluable
ayuda prestada para la
elaboración de este tra-
bajo a los señores:

Dr. Ramón Vilchis Zimbrón.
Dr. Ubaldo Roldán.

A Ma. Teresa por su
apreciable colaboración
para alcanzar esta meta.

A la Srita. Silvia Aguilar B.

A la memoria de
mi padre
y
mi abuelo

A mi madre,

A mis hermanas,

A mi familia,

A mis amigos,

A María Teresa.

C O N T E N I D O :

CAPITULO I

1.1 Introducción. 1

CAPITULO II

2.1 Generalidades. 5

2.2 Composición del polvo. 9

2.3 Tamaños de las partículas. 12

2.4 Concentración de polvo. 17

CAPITULO III

3.1 Métodos para obtener muestras de polvo. 22

3.2 Interpretación de muestras. 29

CAPITULO IV

4.1 Riesgos ocasionados por el polvo en la industria. 33

4.2 Polvos que ocasionan Neumoconiosis. 34

a) Retención de polvo. 37

b) Factores anatomofisiológicos. 40

4.3 Polvos que producen efectos tóxicos sistemáticos. 45

4.4 Polvos que originan reacciones alérgicas y fiebre. 47

4.5 Explosiones de polvo. 48

CAPITULO V

5.1 Medidas de prevención. 51

5.2 Recolectores de polvo. 60

CAPITULO VI

6.1 Conclusiones. 72

CAPITULO VII

7.1 Bibliografía. 73

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.

El estudio que a continuación se desarrolla, trata de ser lo más apegado a la realidad, proporcionando cifras y datos de como y cuando se presentan los casos de las enfermedades ocupacionales debidas al polvo industrial, ya que su nocividad es segura, presentando un problema de difícil profilaxis.

La realización de este trabajo es con el fin de contribuir en una pequeña parte a prevenir la propagación de las enfermedades ocupacionales ocasionadas por los polvos, que causan desde una incapacidad temporal hasta la incapacidad total del individuo.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los polvos industriales que se manejan, unidos a las condiciones ambientales del medio en que se ejecuta el trabajo, determinan los elementos fundamentales que son causa de diversas enfermedades profesionales que padecen los trabajadores en un gran número de industrias. Estas enfermedades de tipo profesional que van desde pequeñas irritaciones de la piel hasta afecciones crónicas de las vías respiratorias y aun desenlaces fatales, tienen como único aspecto positivo, el que son facilmente previsibles y evitables.

Uno de los peores resultados de la creciente industrialización de la sociedad, es el de la multiplicación de

medios de trabajo en que abundan los polvos y humos debido a que utilizan muchas adaptaciones e improvisaciones para ponerse a la altura de la demanda.

Existe una cantidad ilimitada de industrias polvosas, en este estudio solamente se consideraron las más comunes, y en las que se presentan con un mayor índice de frecuencia las enfermedades ocupacionales, derivadas del uso y manejo de los polvos, principalmente en el medio industrial químico.

Hasta la fecha sólo en algunas industrias químicas se tiene un departamento que se ocupa de la conservación de la salud, la comodidad y la seguridad de los trabajadores dentro de las fuentes de trabajo; generalmente se carece de los más mínimos requerimientos de seguridad, ya sea por la falta de los medios de prevención necesarios o bien por desidia del trabajador que, por implicarle una molestia e incomodidad no usa los artículos que le proveen seguridad en el desempeño de sus labores. Los lugares de trabajo reunen, con frecuencia, muchos factores considerados como predisponentes de las enfermedades respiratorias. Muchos operarios encaran por primera vez en su vida condiciones como la relativa aglomeración dentro de las fuentes de trabajo, la exposición a gases y polvos, la fatiga profesional, antes de acostumbrarse a una nueva forma de trabajo; muchos se exponen a condiciones desfavorables del clima y a cambios extremos de las condiciones del tiempo. La mala nutrición, la alergia, el alcoholismo, los defectos personales y otros muchos factores -

contribuyen a disminuir la capacidad del individuo para resistir las infecciones.

Debe tenerse en cuenta que lo invertido en la seguridad de los trabajadores redundará en beneficio de la empresa, aumentando el rendimiento de los que laboran, disminuyendo la inasistencia debida a las incapacidades y el costo de la indemnizaciones, puesto que, sabido es que el trabajo es más productivo en condiciones tales que favorezcan la conservación de la salud física y mental y un alto grado de satisfacción personal.

Los polvos son un problema muy grande, no tanto como riesgo de la salud, sino también como un agente dañino costoso contra la maquinaria de la planta o los productos. Aun sin producir daño moderado el polvo constituye una molestia y crea pobres condiciones de trabajo. En reconocimiento del riesgo y costo de tal contaminación, los altos niveles de polución han sido ampliamente reducidos en las industrias polvosas, pero el riesgo potencial queda y el control de los polvos industriales continúa como una batalla sin final.

Actualmente, la posición teórica de la lucha en contra de los polvos, es la de considerarlos como gases tóxicos y por consiguiente la de luchar contra ellos mediante una adecuada ventilación.

El ingeniero desempeña un papel importante, ya que es el encargado del planteamiento de la fábrica, del diseño de la maquinaria para la comodidad y la eficiencia humana, de

la regulación del proceso para suprimir los peligros en el - medio en que se trabaja y de la sanidad del lugar de trabajo.

CAPITULO II

2.1 GENERALIDADES.

Los sistemas dispersos que pueden causar daño en el organismo humano pueden ser: polvo, humo, niebla, vapor.

El polvo, está constituido por pequeñas partículas sólidas originadas mecánicamente en diversos procesos como son: molido, triturado, perforación, voladuras, manejo de rocas y minerales. El tamaño de las partículas varía desde el submicroscópico hasta el visible, es decir de 1.0 a 150 micras. - Generalmente su composición química es la misma que la de la sustancia de la cual se derivaron; no sufren alteraciones -- químicas por los procesos de subdivisión,como ejemplos típicos podemos mencionar los polvos minerales obtenidos de la - desintegración de rocas, y los polvos orgánicos como el trigo. El polvo no tiene la tendencia a precipitarse o a flocular, excepto cuando está sometido a la acción de fuerzas --- electrostáticas; no se difunde en el aire, sino que se asienta debido a la gravedad.

El humo está formado por partículas sólidas producidas por la condensación de sustancias en estado gaseoso generalmente después de la volatilización de metales fundidos, que provienen de procesos químicos, metalúrgicos, soldadura o - por descomposición de productos químicos, por combustión, sublimación y condensación, por ejemplo, humo de tabaco, madera, aceite, carbón, vapor de zinc. El tamaño de la partícula

varía de 0.2 a 0.5 micras, por lo que son difíciles de filtrar. En comparación con los polvos, las partículas de humo frecuentemente floculan.

La niebla es formada por gotas líquidas suspendidas que se generan por la condensación de vapores de agua o por la atomización de líquidos, el tamaño de las partículas es variable dependiendo de las condiciones. Tenemos por ejemplo la pulverización de barnices y pinturas.

Los vapores son la forma gaseosa de sustancias normalmente sólidos o líquidos que se transforman a este estado al aumentar la presión o disminuir la temperatura, los vapores se difunden.

El polvo industrial afecta el organismo humano si se está en continua exposición al riesgo; éste efecto se manifiesta después de varios años. Las puertas de entrada de los polvos industriales son: 1) la nariz, 2) la boca, 3) la piel y el tejido subcutáneo. La mayor parte de los polvos se absorben por el aparato respiratorio.

Por los efectos nocivos que tiene el polvo sobre la salud se clasifica en la siguiente forma:

1) Venenoso o tóxico

2) Inflamatorio

3) Fibrógeno

Dentro de la clasificación del grupo de polvos tóxicos se encuentran los provenientes de materias tóxicas (arsénico, plomo, etc) que lesionan el corazón, pulmones, hígado, y riñones. Al inhalarlos invaden los pulmones y se disuelven en la

sangre, por la cual son llevados a los órganos y tejidos; -- pueden también por contaminación entrar por la boca y ser -- llevados a todo el organismo por la vía digestiva en menor - proporción.

En los inflamatorios podemos tener a los que aumentan los padecimientos respiratorios; éste tipo de polvo es molesto e irritante, en algunos casos ocasionando alergias. Los - irritantes pueden ser de dos tipos principalmente, de reac-- ción alcalina y de reacción ácida, ejemplo del grupo de los alcalinos es el jabón, el cemento, hidróxidos y del grupo -- ácido ciertos cromatos y fluoruros. Tales irritantes pueden causar en la piel quemaduras, también pueden llegar a ocasionar inflamación de la mucosa nasal y en casos extremos, hasta producir ulceración del tabique nasal.

El fibrógeno es el que produce poco o mucho tejido fibroso en los pulmones, este grupo comprende casi a todos los polvos inorgánicos incluyendo los que contienen sílice o asbesto. Los polvos de esta clase perturban la función pulmonar, causan incapacidad y aumentan la propensión a la tuberculosis. Entre los polvos de esta clase son de mucho interés los silicatos, la sílice, el asbesto, el talco, etc.

Otra clasificación de los polvos es:

1) Constituidos íntegramente por sílice combinada (asbesto puro).

2) Los que contienen íntegramente sílice libre (granito)

3) Los polvos que contienen sílice en forma no crista-

lina (tierra de diatomeas).

Debido a que no hay polvos que ofrezcan el mismo problema, es difícil establecer reglas generales para el análisis, y basta decir que cada muestra debe someterse a un cuidadoso examen, en microscopio y posteriormente someterse a un análisis químico completo.

Ante todo se han de tomar en cuenta las propiedades de un polvo determinado que definen su capacidad para producir una dolencia pulmonar.

Estas propiedades son: 1) Composición química y mineralógica del polvo; 2) Tamaño de las partículas; 3) Concentración en el aire, y 4) Duración de la exposición.

2.2 COMPOSICION DEL POLVO.

Como, aun en la actualidad, los términos cuarzo, sílice libre y sílice se usan indistintamente conviene definirlos brevemente. El término sílice es el nombre que se le da al óxido de silicio (SiO_2) y debe usarse el término de sílice libre cuando se presenta en forma de un compuesto definido; generalmente sílice libre se considera un sinónimo de cuarzo, aunque hay varios minerales de sílice libre que tienen aplicación industrial, como son el ópalo (variedad amorfa hidratada de la sílice), el trípolo (usado para revestir interiormente los moldes de las fundiciones), y otras formas menos abundantes en la naturaleza.

El término de sílice combinada se usa para la sílice que se presenta en minerales, en combinación química con bases, como la sosa (NaOH), la cal (CaO) y algunas otras; en otros términos, es la sílice en forma de silicatos. Según una convención antigua, los análisis químicos dan el contenido de silicio en las rocas y minerales en términos de sílice, sin hacer una distinción entre sílice libre y sílice combinada, aunque ambas estén presentes. El ejemplo es el granito; la forma común de este mineral es un agregado de 60% de feldespato, 30 % de cuarzo y 10 % de mica. El análisis químico indica que este granito común contiene 70 % de sílice, y de este 70 %, un 30 % se encuentra en forma de cuarzo (sílice libre), y el otro 40 % está como sílice combinada con otras sustancias que constituyen el granito. Por la aplicación an-

terior, es evidente que la terminología debe ser explícita al referirse a la naturaleza de un polvo. Si un polvo contiene cuarzo debe decirse cuarzo y no simplemente sílice ó sílice libre.

Debido a que no hay dos polvos que ofrezcan el mismo problema, cada muestra debe someterse a un examen cuidadoso en microscopio y a estudios de difracción con rayos X, solo procediendo en esta forma es posible determinar, con precisión, la proporción de cuarzo que se tiene en los polvos cuarzosos.

El siguiente cuadro presenta las proporciones de cuarzo en diversos polvos industriales:

	% cuarzo
Polvo de perforación de rocas (mina de carbón bituminoso)	54
Polvo de corte de granito	35
Polvo de perforación de rocas (mina de antracita)	31
Polvo de fundición de bronce	19
Polvo de los molinos de crudos en una planta de cemento	6.5
Polvo de los molinos de pizarra (Pizarra roja de Virginia)	3.0
Polvo de pulido de cubiertos de plata.	1.7
Polvo de antracita	1.5
Polvo de carbón bituminoso	1.2
Polvo de cemento	1.0

	% cuarzo
Polvo de molinos de pizarra (pizarra verde de Vermont)	Huellas
Polvo de molinos de talco	Nada
Polvo de corte de mármol	Nada

2.3 TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE POLVO.

Los polvos, como partículas individuales, tienen forma irregular. Al separarse por fractura del cristal original, -- algunas poseen cierto grado de regularidad de partícula a partícula; pero esto es raro y por regla general el polvo com--- prende partículas de forma irregular. No se puede caracteri-- zar una partícula asignándole valores a su longitud, anchura o espesor, ni tampoco hay algún medio sencillo para calcular su volumen por medio de fórmulas geométricas.

Después de muchos estudios, se ha llegado a saber que los polvos de significación patológica, están constituidos - por partículas que tienen un tamaño menor a cinco micras, y - cuando más diez micras. Las partículas de diez micras son relativamente pocas puesto que por gravedad y por la acción protectora de las mucosas del tracto respiratorio superior, es-- tas partículas más grandes no penetran hasta las porciones -- terminales del tracto respiratorio. Debido a lo anterior, sólo deberá prestarse atención a las partículas de diez micras cuando mucho.

Es evidente que, cuando la concentración de polvo es - elevada, la persona expuesta inhala una mayor cantidad de polvo, que el que inhalaría si la concentración fuese baja, para un mismo tiempo de exposición.

La decisión sobre la gama de tamaños de las partículas que se deban incluir en una enumeración de polvos, depende en parte, del tamaño de las partículas de polvo realmente presen

tes en la atmósfera industrial.

Los tamaños de partículas en los polvos dependerán de diversos factores entre los que se encuentran los siguientes:

1) La procedencia del polvo.

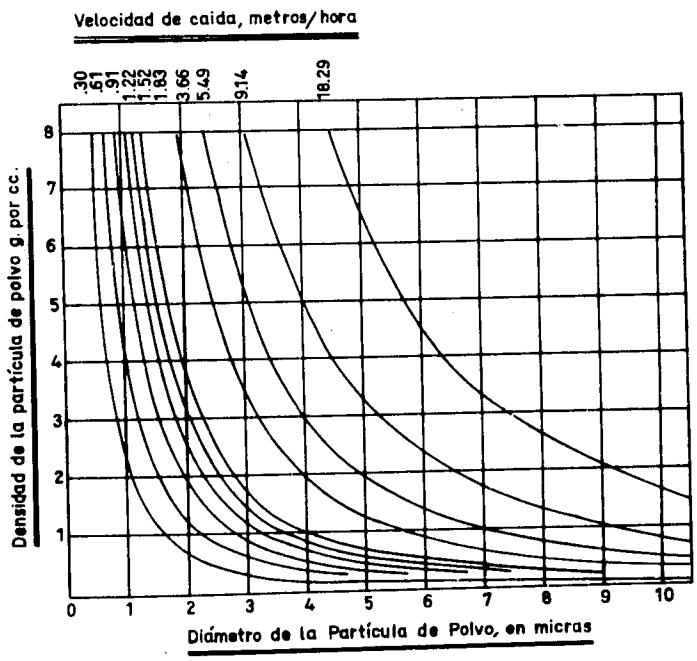
2) Del punto en que se toma la muestra.

3) Del método seguido para tomar ésta.

Con respecto a la procedencia del polvo, no es posible hacer una comparación entre el polvo que se produce al triturar y moler cuarzo, con la ceniza que arroja a la atmósfera una chimenea. En el primer caso, el material se fragmenta de acuerdo con su naturaleza cristalina, y en el segundo caso es un producto amorfo con frecuencia fundido y aglomerado. Cada uno de estos polvos tiene su densidad y su propia distribución de tamaños; en consecuencia, las partículas se asientan con velocidades diferentes. Figura 2.3-1.

Las pequeñas partículas peligrosas de polvo se asientan tan despacio que, prácticamente, quedan en suspensión permanente, debido al movimiento general del aire causado por el tránsito humano y mecánico y por las corrientes termales asociadas con el trabajo. El aire entonces, puede llegar a un estado de equilibrio de polvo, en el cual puede persistir un nivel de polvo invisible y por lo tanto, probablemente sin que se le haga caso, excepto por las personas más conocedoras.

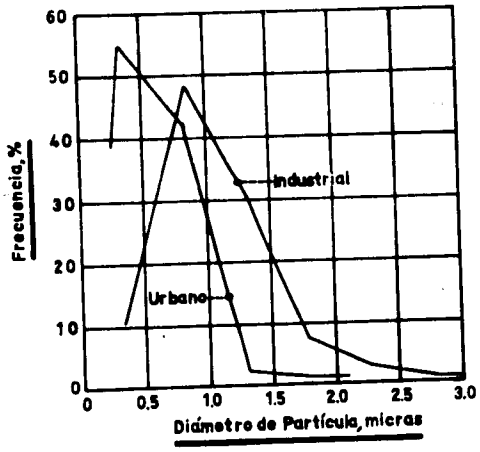
El sitio donde se toma la muestra es importante, pues las partículas grandes se asientan cerca del lugar donde se originan. Tambien es posible que las partículas de dos polvos



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 2.3-1 VELOCIDAD DE CAIDA EN EL AIRE PARA DIVERSAS CLASES DE POLVOS.	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

distintos se difundan de manera diferente, y las corrientes de aire afecten el movimiento de las nubes de polvo.

Actualmente no se conoce ninguna técnica para obtener una muestra perfecta de polvo en suspensión, esto es, ningún método con el cual se recoja toda partícula en un volumen determinado de aire o gas. Además, una vez recogida la muestra no hay un método único para evaluarla. Las partículas menores han de menester el microscopio electrónico para ser medidas y para medir las partículas mayores se necesita de algún otro método. El polvo industrial tiene como promedio el tamaño de una micra y el polvo atmosférico entre 0.03 y 0.05 de micra, ver la Figura 2.3 - 2.



TESIS PROFESIONAL

Fig. 2.3-2

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE TAMAÑOS DE POLVOS INDUSTRIALES Y URBANOS.

F.Q.
1970

JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO

2.4 CONCENTRACION DE POLVO.

Se han ideado y empleado diversos métodos tendientes a determinar la cantidad de polvo en el medio ambiente de trabajo; para el muestreo de polvos se emplea el Conímetro de Greenburg-Smith. En este instrumento se hace pasar el aire a través de un tubo de vidrio para que choque a alta velocidad contra una placa de vidrio que está sumergida en agua o en otro líquido apropiado; en el matraz de recolección, las partículas de polvo se detienen instantáneamente en el líquido y quedan capturadas en esa forma.

El Conímetro consiste esencialmente, de dos secciones; primera, una fuente con suficiente succión para llevar el aire a través del dispositivo de muestreo y segunda, el dispositivo de muestreo en si mismo, que consiste de un recipiente, un tubo de succión y placa de contacto. Para la succión se pueden usar bombas impulsadas por electricidad o eyectores de aire comprimido.

Las partes esenciales del aparato son: una pieza recta de tubo de cristal Pyrex, de 15 mm de diámetro exterior, con longitud aproximada de 375 mm, es un tubo que se estira en el extremo interior hacia una punta de pipeta con orificio de 2.3 mm. A una distancia de 5 mm del orificio de salida se fija la placa de contacto, de unos 3 mm de espesor y 25 mm de diámetro que se apoya sobre tres varillas de vidrio. El medio de recolección (agua destilada) se carga al matraz de muestreo en volumen suficiente para mantener la placa sumergida a una -

profundidad aproximada de 3 cm.

En el muestreo se conecta la salida del codo del matraz con la fuente de succión, por medio de un tramo de tubo de suficiente longitud (unos 8 metros). La duración del período de muestreo debe ser la suficiente para lograr una suspensión satisfactoria de polvo y depende, por tanto, de la concentración en la atmósfera; bajo las condiciones industriales usuales las muestras de 0.3 a 1.0 m^3 de aire producen suficiente polvo para el análisis y como, por lo general, se tiene una extracción de 0.03 m^3 por minuto, el período de muestreo dura de 10 a 30 minutos.

La eficiencia de la recolección del aparato depende de que se satisfagan, en forma adecuada las dimensiones establecidas para el aparato de contacto y que la velocidad de muestreo se mantenga a 0.03 m^3 (1 pie^3) por minuto; las pruebas experimentales con este aparato, usando suspensiones aéreas de polvo de sílice, finamente dividido, rindieron eficiencias del 98 % a la velocidad de muestreo especificada.

Como prácticamente todos los polvos son, hasta cierto punto solubles en agua, es conveniente analizar las muestras tan pronto como sea posible, con lo que se evita no solo la acción solvente sobre las partículas de polvo, sino también la floculación indebida de las partículas.

El microscopio que se precisa es del tipo ordinario provisto de oculares y objetivos apropiados, y de un condensador Abbe, como fuente de iluminación se usa una lámpara ordinaria

de microscopio. El uso principal de este aparato es para efectuar la observación y cuenta de las partículas, cuyo ocular - lleva un retículo con líneas paralelas a distancia de 5 micras, o círculos comparativos de 2,4 y 6 micras de diámetro a fin de facilitar el recuento y determinación de los tamaños.

Al tomar muestras de polvo, deben seleccionarse tanto la localización como la ocasión y duración del muestreo, con miras a obtener datos definidos para el estudio en desarrollo y es imposible fijar reglas inflexibles para éste propósito.- Es obvio que los requisitos del estudio deben definir los procedimientos a seguir, según el criterio del investigador.

Las marcas más comunes de conímetros son: el Sartorius el Watson y el Zeiss. Este último es considerado como uno de los más útiles para el control en ambientes industriales, no solamente por contar con la posibilidad de recoger diversos - volúmenes de aire al tener regulable la bomba de succión, sino también por un accesorio de gran utilidad, que facilita el recuento y determinación del tamaño, aumentando notablemente la exactitud; un microproyector en cuya pantalla se observan las tomas de polvo de la placa del conímetro.

En los conímetro cuya bomba de succión graduable permita tomar diferentes volúmenes del aire a estudiar, amplía notablemente el campo de aplicación, siendo posible de esta forma la valoración en ambientes con concentraciones relativamente altas. En estos aparatos el recuento de partículas en cada una de las tomas está limitado normalmente a 10,000 partícu--

las, labor que es facilitada por la comparación con fotografías estandar. La limitación por centímetro cúbico de aire estudiado dependerá del volumen de aire proyectado sobre la placa de vidrio del conímetro, siendo inversamente proporcional a dicho volumen. Por lo tanto, serán posibles determinaciones en ambientes con concentraciones cinco veces mayores de polvo.

Otro de los aparatos utilizados en la recolección de polvo y consiguiente determinación de concentraciones, tamaños y forma de las partículas, es el tomador de muestras y microproyector M.S.A.

La muestra de polvo se recoge sobre un lavador llamado impinger, que contiene alcohol o agua, a través del cual se hace pasar la corriente de aire en estudio, con ayuda de una bomba rotatoria manual debidamente regulada, a fin de asegurar el caudal de aire determinado, de forma que, al conocer el tiempo de recogida, pueda calcularse el volumen de aire total correspondiente a la muestra.

Una vez tomada la muestra se lleva a un volumen determinado, tomando de aquí el volumen necesario para la observación microscópica. Deberá agitarse convenientemente para homogeneizar la concentración de polvo en el líquido, tomando inmediatamente la parte necesaria de muestra, antes de que pueda producirse sedimentación.

El portaobjetos está constituido por una lámina de vidrio, en la cual existe una depresión circular de 1 mm de profundidad, que ha de contener el líquido a estudiar. Una vez -

lleno a rebosar, se cubre con un cubreobjetos y se deja sedimentar, a fin de lograr una mayor facilidad de observación y exactitud.

Cuando ha transcurrido un tiempo determinado, se lleva la preparación a la platina del microscopio del microproyector. Este, mediante un prisma y un espejo proyecta la imagen del microscopio en una pantalla de 25 x 20 cm con mil aumentos. En la pantalla con cuadrícula (cuadros de 5 cm por lado), para facilitar la apreciación de tamaños de partículas, vienen representados cuadros de 10, 5 y 2 mm de lado.

El número de partículas existentes en un mm^3 de líquido se calcularía fácilmente teniendo en cuenta que el campo observado es un rectángulo de 250 x 200 micras, cuya altura es de un milímetro (profundidad de la depresión), multiplicando la media de las cuentas obtenidas por 20 para hallar el número correspondiente a un campo de un milímetro cuadrado de extensión.

Para determinar el número total de partículas de la muestra, se multiplica por el número de milímetros cúbicos a que se ha llevado la muestra en la dilución. Este resultado, dividido por el número de centímetros cúbicos de aire pasado, nos dará el número de partículas por centímetro cúbico en el ambiente estudiado.

Para obtener resultados más aproximados al número real de partículas, es necesario operar varios impinger en serie, el utilizar dos es suficiente para conseguir un buen resultado.

CAPITULO III

3.1 METODOS PARA OBTENER MUESTRAS DE POLVOS.

Existe una gran cantidad de factores ambientales que afectan a los trabajadores durante el desempeño de sus labores, muchos de ellos se pueden determinar y medir de manera que se puede saber si su cantidad llega a ser incómoda, inofensiva, molesta o bien peligrosa para la salud y para el buen desarrollo de dichas labores. Los polvos y contaminantes de diversos tipos se detectan por medio de aparatos, que operan por medios mecánicos, eléctricos, electrónicos o de tipo químico cuyos diferentes diseño permiten poder muestrear y determinar con la precisión necesaria los factores ambientales físicos para llegar a nulificar su acción si es nociva mediante las protecciones adecuadas.

Los aparatos que se emplean para el muestreo y posterior evaluación de las partículas en la atmósfera dependerán de: el lugar que se va a muestrear, la naturaleza del polvo, la capacidad de los instrumentos y de los propósitos de la investigación.

Los métodos para obtener muestras de polvo se pueden dividir en dos grandes grupos:

1) Métodos húmedos.

2) Métodos secos.

   a) Filtros

   b) Precipitadores.

La elección del método depende mucho de la aplicación que se haya de dar a los resultados obtenidos. Por ejemplo si los polvos son importantes desde el punto de vista higiénico, entonces, el procedimiento más conveniente es un método seco como el del chocador Greenburg-Smith, donde se determinan las concentraciones por conteo. Este método es preferible a otros porque los patrones aceptados de higiene se fundan generalmente en cómputos efectuados con este aparato. Algunos polvos de tipo tóxico, como son los óxidos de manganeso y los de plomo, se valoran en concentraciones por peso y para ello es preferible usar cualquiera de los otros métodos.

Cuando es necesario investigar polvos a temperaturas relativamente altas, por lo general conviene usar filtros porosos y determinar la concentración en base de peso. Se puede conocer la transferencia en base del conteo si se conoce el tamaño de las partículas.

1) Métodos húmedos: De estos métodos, los más usuales son: el del chocador de Hatch y su modificación, el chocador en miniatura, ambos derivados del aparato de Greenburg-Smith. Este método es el más indicado para contar los polvos de cuarzo y de silicatos.

Otro instrumento para el muestreo de polvos es el Conímetro, aparato presentado en 1916 por R.M. Katze, ha sufrido varias modificaciones pero continua siendo muy parecido a su forma original.

El aparato de Greenburg-Smith y el Conímetro han sido

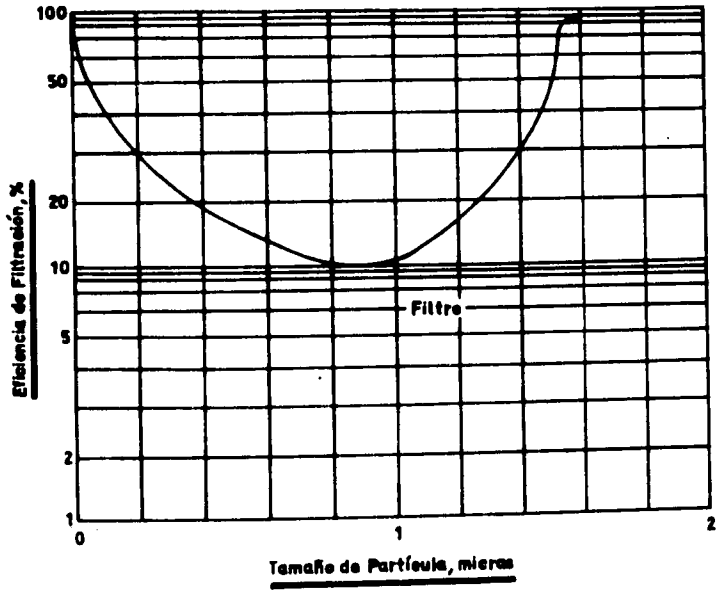
descritos en el capítulo anterior, sección 2.4.

2) a) Filtros: Se usan filtros de papel o de alúmina - para tomar muestras de polvos en el exterior. Con éste método se suelen obtener cálculos relativos de polvosidad mediante - el cambio de color, aunque a menudo es posible hacer determinaciones por peso. Para obtener ese cambio de color es necesario un artificio que nos permita el paso de aire y la determinación del volumen del mismo.

El paso del aire, se consigue mediante una diferencia de presión en una de las caras del filtro o en el interior - del impinger, por medio de una bomba, frascos de nivel, trompas de agua, gases a presión, etc. El aire se hace pasar por el medio de filtración a una velocidad constante, que generalmente es baja. Como no hay velocidades invariables, la investigación suele estar restringida por la capacidad de la bomba. Con la mayor parte de los papeles de filtro la velocidad es de 0.1 a 0.2 pies cúbicos por pulgada cuadrada.

Todos los filtros, de cualquier tipo, requieren cuidados y atenciones constantes para que su eficiencia sea mejor, véase la Figura 3.1-1. Ninguno de los aparatos construidos,- hasta ahora, pueden funcionar satisfactoriamente durante largos períodos, si no se les presta la debida atención. Debe - vigilarse que el filtro no se estropee y deje escapar el aire cargado de polvo.

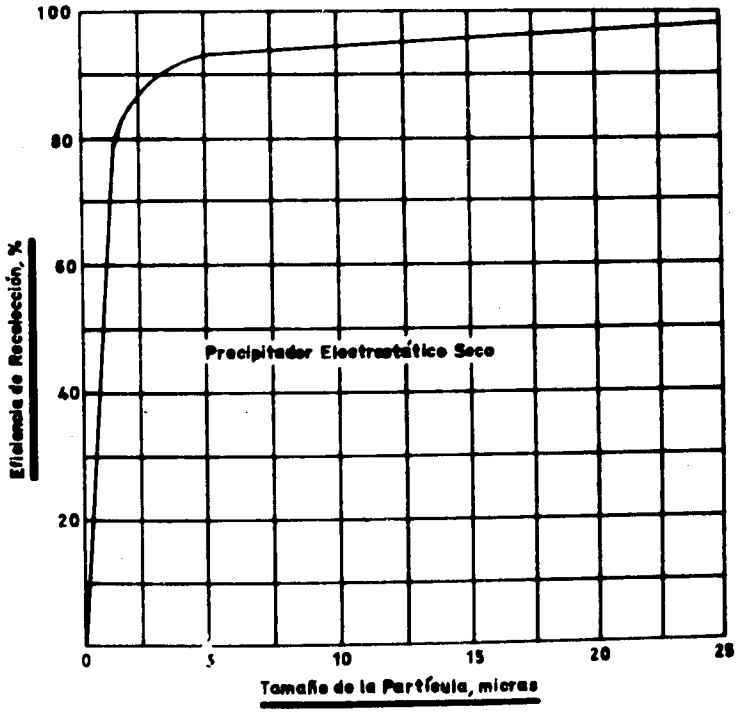
2) b) Precipitadores: Los precipitadores electrostáticos son muy usados para tomar muestras de polvo. Estos apara-



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 3.1-1 CURVA DE EFICIENCIA.	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

tos trabajan con corriente eléctrica haciendo circular aire - por un tubo de vidrio muestreador que forma el electrodo ex-- terno, dentro del cual hay un electrodo que ioniza el aire -- que pasa y precipita sobre el otro electrodo las partículas - de polvo que traiga. Este tubo colector sirve para determinar la cantidad de polvos, por una diferencia de pesadas y para - que sean determinados cualitativamente por análisis posterio- res en el laboratorio. Se fabrican aparatos por los que circu len hasta tres pies de aire polvoso por minuto, que llegan a tener una eficiencia casi de 100 %. En la figura 3.1-2, se se puede apreciar la curva de eficiencia para este tipo de apara to. Debe tenerse cuidado cuando se tiene mucha humedad, pues- to que esta disminuye la eficiencia del instrumento. No debe dejarse que se acumule demasiado polvo en el electrodo colec- tor, porque esto disminuye la eficiencia.

Sedimentación: La celda de sedimentación, es un cilin- dro de 6 cm de profundidad y 3.6 cm de diámetro cerrado en la parte de arriba con una tapa giratoria y en el fondo con una tapa corrediza de bronce que tiene dos marcos de media pulga- da. El cilindro se llena de aire atmosférico y se cierra en - el lugar de donde se desea obtener la muestra y se deja repo- sar sin moverse de una atres horas. Entonces los marcos se -- quitan y se examinan con un microscopio de gran potencia. Es- te método es adecuado para determinar el número y el tamaño - de las partículas de los polvos de hasta 0.2 micras de diáme- tro (después de tres horas de sedimentación). La celda de se-



TESIS PROFESIONAL

Fig. 3.1-2

CURVA DE EFICIENCIA

F.Q.

1970

JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO

dimentación se utiliza como un instrumento de laboratorio.

El análisis del polvo sedimentado adquiere gran trascendencia en aquellos casos en que solo es posible realizar estimaciones de la concentración del número de partículas, toda vez que este procedimiento se refiere a una cantidad pequeña de polvo, insuficiente para el análisis exacto.

No es conveniente tomar muestras del aire polvoso en los sitios donde circula una fuerte corriente de aire, dado que el polvo fino, de gran interés para el enjuiciamiento de la prueba, posee una escasa tendencia a la sedimentación y se deposita solo a concentraciones demasiado bajas.

3.2 INTERPRETACION DE MUESTRAS.

Se necesitan técnicas adecuadas para el cómputo y medición de la muestra de polvo para hacer una determinación absoluta del grado de polvosidad atmosférica. Las partículas más finas por su frecuencia son de mucha importancia, tanto en mineralogía como por el efecto que producen en la persona que las inhala.

En la actualidad se tiende a conceder cada vez mayor prioridad a los métodos gravimétricos que permiten medir la concentración en miligramos por metro cúbico. Todo esto hace necesario basar los criterios de valoración de un modo particular sobre la concentración gravimétrica.

El método gravimétrico posee la ventaja, a parte de proporcionar una cifra exacta de la concentración, de permitir el análisis del polvo flotante. Teniendo en cuenta que la concentración de polvo muchas veces no es superior a un miligramo por metro cúbico, y que para realizar el análisis completo se requieren algunos cientos de miligramos de polvo, se hace necesario utilizar un dispositivo que sea capaz de analizar cincuenta metros cúbicos por hora.

El procedimiento que se sigue para el conteo después de haberse recolectado la muestra de polvo es el siguiente:

1. Dilución de la muestra.- Se diluye la muestra con agua destilada excenta de polvo o con otro líquido adecuado y se lleva hasta un volumen conocido, este volumen dependerá de; el tamaño de la muestra, concentración de polvo y del mé-

todo que se va a emplear para el conteo.

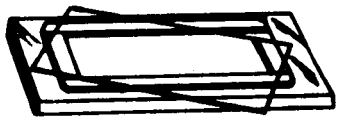
2. Elección de la cámara de conteo.- Hay una gran variedad de tipos de cámaras, siendo la celda de Sedgwick-Rafter una de las más usadas. Figura 3.2-1

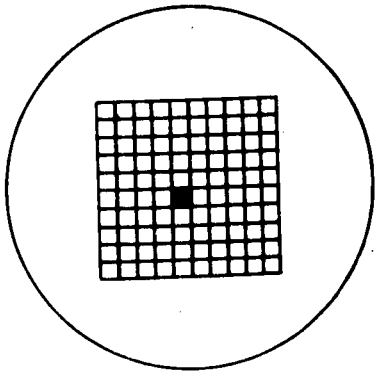
3. Llenado y preparación para el conteo.- La suspensión de polvo se agita y se toma una cantidad suficiente para llenar la celda.

4. Microscopio y fuente de iluminación.- Se utiliza generalmente un microscopio con un objetivo de 16 milímetros y un ocular 7.5 X que contiene un disco reticulado.

5. Forma de hacer el conteo.- Se recomienda preparar dos celdas de cada muestra de polvo y contar solo una cuarta parte del campo rayado del disco Whipple en cinco partes representativas de la celda. Los datos obtenidos de los diez conteos se promedian, de estos se resta los obtenidos al realizar un conteo similar con el líquido colector, esto se hace para compensar el polvo que se adiciona mientras se manipula y durante el conteo en el microscopio.

Los recientes trabajos de Hatch indican que las distribuciones de frecuencia de tamaños de polvos industriales o atmosféricos pueden tener doble cúspide. Con microscopía en campo claro se obtiene solo una cúspide entre 0.2 y 1.0 micra y en cambio en otros métodos para resolver y medir las partículas de 0.5 micras con microscopio electrónico, indican primero que su número es muchas veces mayor que el que se obtiene en el rango resoluble por luz blanca y que hay una segunda --





TESIS PROFESIONAL	
Fig. 3.2-1 CELDA DE SEDGWICK-RAFTER Y OCULAR RETICULADO DE WHIPPLE.	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

cúspide entre 0.05 micras y 0.2 micras. Aproximadamente el - 90 % de las partículas que no se pueden ver con el microscopio en campo claro. Los datos obtenidos pueden recolectarse gráficamente.

La decisión sobre la gama de tamaños de las partículas, que se deban incluir en una enumeración de polvos, depende en parte del tamaño de las partículas de polvo realmente presentes en la atmósfera industrial, siendo obvio que el tamaño de la menor partícula visible depende tanto del aumento y del tipo de iluminación que se use en el microscopio y hasta cierto punto de la agudeza visual del observador.

CAPITULO IV

4.1 RIESGOS OCASIONADOS POR EL POLVO EN LA INDUSTRIA.

El polvo es interesante en virtud de su dispersión casi constante en el aire, de donde es inhalado y en algunos casos origina enfermedades.

La exposición a los polvos puede producir varios tipos de incapacidad: la neumononiosis, se causa por inhalación de polvo, los efectos tóxicos sistemáticos se producen como resultado de la inhalación de ciertos polvos tales como el plomo y manganeso, la fiebre de humos y polvos metálicos, y las reacciones alérgicas, por ejemplo la fiebre dehheno, que se obtiene como resultado directo de la respiración de polen y otras sustancias orgánicas. La inhalación de polvo es la causa principal de las incapacidades, solo en el caso de algunos otros polvos, hay otros métodos de entrada.

Las minas, las canteras, las alfarerías, las fundiciones, las industrias textiles y la fabricación de polvos de limpieza para el hogar, todas contribuyen a pagar un creciente tributo a la muerte y a la enfermedad producida por el polvo. Antes de llegar a producir o de contribuir a una muerte prematura, la afección pulmonar se manifiesta en forma de disnea y ocasiona una paulatina disminución de la capacidad de trabajo, variando desde una pequeña dificultad respiratoria inicial hasta una aguda atrofia de los órganos respiratorios y la total incapacidad para el trabajo en las fases avanzadas.

4.2 POLVOS QUE OCASIONAN NEUMOCONIOSIS.

Las enfermedades causadas por la penetración de polvos al sistema respiratorio se conocen como Neumoconiosis, éstas son producidas por muy diversas sustancias, pero su forma de lesionar es semejante. La naturaleza exacta del daño causado a los pulmones varía según sea la composición del polvo. En general, la enfermedad consiste en el desarrollo de tejido fibroso, que se encuentra en la sustancia esponjosa del pulmón, reduciendo su elasticidad y disminuyendo la superficie de absorción de oxígeno del aire que penetra en la sangre. La naturaleza progresiva de la enfermedad es su característica más importante, agravada por cualquier infección, especialmente la tuberculosis, con la que la enfermedad se encuentra frecuentemente asociada.

El endurecimiento del tejido pulmonar y la formación de puntos llamados nódulos es un proceso que avanza puesto que no pueden ser disueltas estas formas nocivas.

Los polvos que causan las principales Neumoconiosis son: la sílice, el carbón, las sales de calcio, el polvo de algodón, y el del bagazo de caña de azúcar. Muchas sustancias químicas producen efectos de neumoconiosis y de tóxicos, pudiendo algunas causar el cáncer. Las partículas más pequeñas son las más peligrosas porque las mayores pueden detenerse por medio de filtros o se asientan por su propio peso no llegando a ser inhaladas por el hombre.

La silicosis es una variedad de neumoconiosis y es la -

principal enfermedad de este grupo. El asbesto origina fibrosis en el pulmón, pero no la fibrosis nodular característica de la silicosis. El polvo de sílice es el más perjudicial.

La silicosis simple es una enfermedad crónica de los pulmones, ocasionada por invasiones masivas del tejido pulmonar por sílice (SiO_2). Se caracteriza por la formación de tejido fibroso que, puede observarse por medio de radiografías, viéndose nódulos dispersos en todo el tejido pulmonar. Una vez que son visibles los nódulos en la radiografía, no es ya posible la regresión. La silicosis por si sola puede incapacitar al trabajador, pero su mayor importancia radica en que los sujetos silicosos están más propensos a la tuberculosis y enfisema pulmonar que las personas que no padecen esta clase de neumoconiosis.

En la actualidad se utilizan medidas de prevención de la silicosis mediante la aspiración de polvo fino de aluminio. Si el aluminio y la sílice se localizan en un mismo fagocito se neutraliza el efecto de la segunda y entonces se detiene la reacción de los tejidos a la sílice, también se detiene el curso de los nódulos silicosos ya desarrollados y se cierran las lesiones incipientes. El polvo de aluminio puede quedarse en los tejidos y proteger al individuo por largo tiempo. Ordinariamente el aluminio no produce efectos tóxicos, aunque parece aumentar la propensión a la tuberculosis cuando se administra en grandes dosis.

La asbestosis es otro tipo de neumoconiosis, producida

por la inhalación prolongada de polvo de asbesto, que ocasiona una fibrosis pulmonar diferente a la producida por la sílice y que también puede determinarse mediante el estudio radiográfico. La enfermedad va acompañada de cáncer de pulmón en el 16 % de los casos.

Se conocen dos tipos de cáncer de pulmón relacionados con el asbesto, el que guarda analogía con el cáncer producido por el humo del cigarrillo y el que lesiona el tegumento del pulmón.

El polvo de carbón produce un tipo especial de lesión pulmonar. La Antracosis que es la infiltración del parénquima pulmonar por partículas de carbón, procedentes de la atmósfera y que llegan hasta el pulmón con el aire inspirado. A causa de la naturaleza del polvo de las minas y del mayor número de personas expuestas a su acción perniciosa, constituyen la causa principal de neumoconiosis en muchos paises.

Hay otros polvos que producen alteraciones radiográficas en los pulmones similares a la silicosis, pero que se caracterizan por la falta de fibrosis. Entre las sustancias que producen éste tipo de alteración están: el bario, el hierro, y el estaño.

4.2-a. RETENCION DE POLVO.

En la exposición excesiva, sin protección adecuada a - polvos se debe considerar que: las partículas más grandes son filtradas fácilmente por la nariz, lo cual se favorece por la configuración irregular de ésta, se adhiere a la cubierta mucosa de la faringe, de la tráquea y de los bronquios grandes y de allí, o son retenidas, provocando irritación respiratoria alta, o son deglutidas (de manera conciente o inconciente), causando irritación gastrointestinal, o son expulsadas o expelidas con la expectoración al toser.

En partículas más pequeñas, hay que considerar que, si se inhala aproximadamente medio litro de aire, de doce a veinte veces por minuto, o sea más o menos un metro cúbico por día, con ellos ingresa una gran cantidad de material finamente dividido, que llega hasta el alvéolo, en cantidad considerable, durante el tiempo de vida variable según el medio. Conviene indicar que las partículas suceptibles de llegar a los alvéolos pulmonares según recientes investigaciones, son las de diámetros inferiores a 5 micras. Por debajo de 0.1 micras solamente una parte queda retenida en los pulmones, siendo el resto expulsado con el aire expirado.

El tamaño de las partículas de polvo influye en la posibilidad de que sean retenidas en el organismo; la experiencia ha demostrado que si son de 0.005 milímetros pueden ser - expulsadas al respirar, si son de 0.002 milímetros se llegan a retener en un 20%, y si son de 0.002 a 0.0002 milímetros se

retienen en un 75 %.

Una gran cantidad de individuos se adapta a los ambientes con cantidades excesivas de polvo, sus mecanismos son normalmente capaces de tolerarlo, aun en medios muy hostiles. -- Otros en menor proporción se defienden de la acción del polvo pero en algunas ocasiones enferman, aunque sea por cortos períodos de tiempo, o finalmente lo hacen de forma definitiva, y una minoría, siempre acaba por enfermarse al no lograr de-- fenderse de los polvos.Esta manera de reaccionar diferente -- quizás se deba a razones de sensibilidad o suceptibilidad aumentadas en algunas personas, y también a la influencia, indudable en muchos casos, de otras enfermedades asociadas.

Se ha aducido además, diferencias en la dotación natural de la capacidad pulmonar, como facilidad normal de la capacidad de limpieza, infección crónica del tracto respirato-- rio, peculiaridades fisiológicas de los pulmones, efectividad del drenaje linfático, cantidad, tamaño y densidad de las partículas de humo y polvos depositadas en los pulmones; facto-- res genéticos, respuesta fisiológica a factores del clima como humedad, temperatura, presión barométrica, etc.

El polvo tóxico suficientemente soluble en los humos, puede ser absorbido por el organismo aunque quede retenido en la mucosa de las vías respiratorias superiores, pero es el -- polvo retenido por los pulmones el que desempeña el papel importante en el desarrollo de las reacciones tóxicas generales o de reacciones locales en el tejido pulmonar. Se comprende - fácilmente la importancia de los pulmones en los relativo a -

absorción de sustancias tóxicas si se recuerda que la superficie epitelial de dichos órganos es de unos 70 metros cuadrados de los cuales quizá 55 metros cuadrados participan en el intercambio de gases, entre el aire pulmonar y los gases que circulan en la sangre.

Los medios de protección de que se vale el organismo contra la inhalación de polvos son: la sustancia mucosa secretada por las células epiteliales de que están revestidas las vías respiratorias superiores, cilios de la mucosa de la nariz, la tráquea y los bronquios que sirven para expulsar las partículas de polvo hacia la faringe y la boca, y en menor grado las brisas de las ventanas de la nariz.

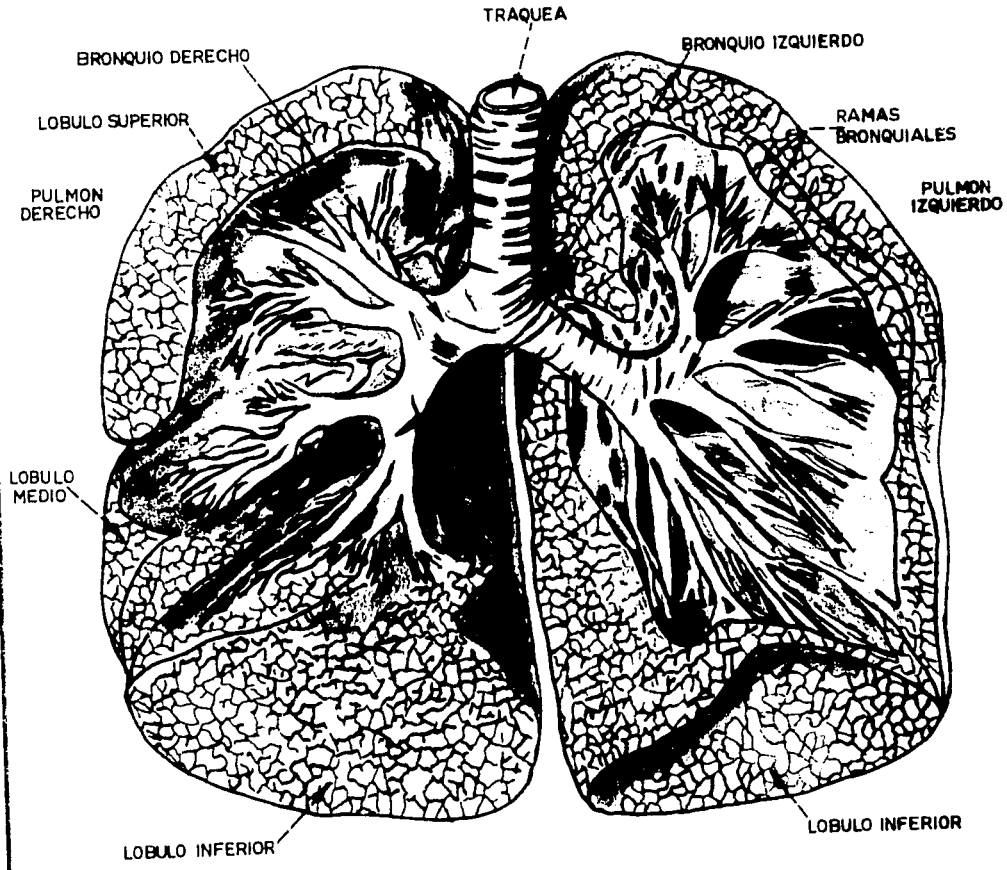
El grado de retención de polvo por el pulmón depende de la clase de tejido, del estado general de salud del individuo, de las propiedades físicas del polvo y su concentración y será modificado por la eficiencia del filtro de la nariz, por la frecuencia de la respiración, por el tamaño de partícula del polvo y por su concentración en el aire inhalado.

4.2-b. FACTORES ANATOMOFISIOLOGICOS.

El sistema respiratorio del hombre se puede considerar dividido en dos partes principales, la superior que comprende la nariz y la garganta y la inferior con los pulmones y la tráquea.

Los pulmones son estructuras bilaterales no simétricas situadas en la cavidad algo elástica, pecho, y están comunicados con la boca y la nariz a través de la tráquea. El pulmon izquierdo tiene dos divisiones o lóbulos y el pulmón derecho tiene tres, siendo cerca del 12 % mayor el pulmón derecho que el izquierdo.Figura 4.2-1

En el adulto normal, la tráquea es de dos centímetros de diámetro aproximadamente y está protegida con anillos de cartílago con una abertura en la parte posterior. La tráquea es fuerte y rígida en la parte frontal y algo elástica en la parte de atrás. Aproximadamente al nivel de la cuarta nervadura de cartílago, la tráquea se ramifica en los bronquios y luego estos se subdividen en bronquiolos, los cuales llegan a los sacos terminales de aire o alvéolos.En el alvéolo es donde se efectúa el intercambio de oxígeno entre el aire y la sangre que circula alrededor de el alvéolo en numerosos vasos capilares.La superficie total que presentan los alvéolos es de unos 90 a 100 metros cuadrados. La capacidad de los pulmones es de 4.5 litros aproximadamente, pero en la respiración normal solo se desalojan y se reponen las dos terceras partes con un ritmo de unas 16 respiracio-



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 4. 2-1 PULMONES	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

nes por minuto en la persona adulta.

La cantidad de aire respirado y el oxígeno consumido varía con el tipo de ejercicio que se ejecute y con el tamaño individual.

	Aire respirado a 20°C litros/min	Oxígeno consumido a 0° C y 1 atm. litros/min
Reposo en cama	6	0.24
Sentado	7	0.30
De pie	8	0.36
Caminando lento	14	0.65
Caminando aprisa	26-28	1.20
Corriendo despacio	43-45	2.00
Ejercicio fuerte	70-100	3.00-4.00

Los datos de la tabla anterior son para un hombre atleta de 70 kg. El hombre no entrenado, generalmente excede estos requisitos cuando realiza un ejercicio comparable, de esta manera, en una atmósfera contaminada, una persona no entrenada trabajará más seguido que un atleta entrenado. A medida que aumenta la rapidez del ritmo respiratorio, aumenta el volumen de aire que se aspira, y la velocidad de circulación de la sangre. Los aparatos respiratorio y circulatorio actúan simultaneamente bajo control del sistema nervioso, respondiendo a la demanda de energía que presenta el organismo, cuando desarrolla una actividad.

Las fases de inspiración y expiración no son parecidas, pero prácticamente se pueden considerar a cada una como la mi

tad del tiempo necesario para completar un ciclo respirato-- rio. Así con un volumen por minuto de cincuenta litros, la - inspiración es a una velocidad de 100 litros por minuto y momentáneamente mayores velocidades llegan a tenerse en la tráquea. La velocidad en el alvéolo es prácticamente nula.

Destino del polvo inhalado. Una partícula de polvo -- del tamaño de un grano común de polen (15 a 25 micras) es -- muy probable que sea atrapada en los pasajes nasales o en la parte posterior de la garganta. Si entra cerca del centro de la tráquea, entonces no hay impedimento para que continue -- hasta el bronquio, no siendo probable que llegue al alvéolo. La recolección de tales partículas se debe al choque contra las paredes húmedas de los tubos respiratorios. La tráquea - está recubierta hasta cerca de los extremos finales de los - bronquios por gran cantidad de pestañas o cilios de las mucosas. Los pasajes nasales, también están recubiertos por mucosa con pequeños cilios. Toda la mucosa se mueve hacia la salida de la nariz y boca no estancándose nunca.

Dentro del alvéolo hay otras células fagocíticas especiales, que salen en forma ilimitada por el estímulo de un - cuerpo extraño, estas células engloban las partículas de polvo y las conducen a pequeños ganglios lenfáticos situados -- cerca de los vasos sanguíneos del pulmón. En los ganglios linfáticos tráqueobronquiales se deposita una gran cantidad de polvo por los fagocitos, y es aquí donde empieza la fibrosis del tejido pulmonar, después de la inhalación de polvo de --

cuarzo.

Después de diversos estudios se ha encontrado que no todos los polvos son llevados por fagocitos con la misma rapidez, también se ha visto que hay cierta preferencia por algunos polvos.

4.3 POLVOS QUE PRODUCEN EFECTOS TOXICOS SISTEMATICOS.

Este grupo comprende los polvos de ciertos metales, como el plomo, el arsénico, el manganeso, cromatos, antimonio, selenio, uranio, vanadio, etc.

Las partículas grandes de un polvo tóxico pueden ser más importantes que las partículas grandes de sílice pués en algunos casos la sustancia es absorbida por las membranas de las vías respiratorias superiores. El plomo es quizá el ejemplo clásico de un polvo o vapor que origina intoxicación general.

Algunas sustancias químicas irritan la piel y ocasionan quemaduras. Pueden irritar el tejido conjuntivo y producir el lagrimeo y conjuntivitis o bien inflamación de la mucosa nasal, que llega hasta ulcerar el tabique o irritan las vías respiratorias lo bastante para ocasionar tos, bronquitis y neumonitis.

El polvo de algodón ocasiona también enfermedades ocupacionales. La Bisinosis es una afección de las vías respiratorias que se presenta después de muchos años de inhalar polvo de algodón. En los primeros períodos del padecimiento se suelen presentar los síntomas el lunes o después que los trabajadores permanecen alejados del trabajo por unos días y de ahí la designación vulgar de "fiebre de los lunes". Si en éste período el trabajador se aleja del lugar polvoso, generalmente cura del mal.

No puede pretenderse que los polvos no tóxicos o que

no producen fibrosis, sean necesariamente inofensivos, muchos de estos polvos pueden producir alergias o irritación a personas suceptibles.

4.4 POLVOS QUE ORIGINAN REACCIONES ALERGICAS Y FIEBRE.

Hay una cantidad innumerable de polvos que ocasionan asma y reacciones febriles (algodón, polen, madera, harina, etc.).

La inhalación de estos polvos, cuando la persona es - alérgica, produce lagrimeo, asma, dermatitis, etc. Estas manifestaciones suelen ser consecutivas a la sensibilización - del individuo. Los síntomas se presentan generalmente des--- pués de un tiempo de la exposición al riesgo.

Al inhalar ciertos polvos, como son los polvos de algodón, se producen reacciones febriles en el individuo. Los síntomas principales son escalofríos, calentura, fatiga y algunas veces náuseas, que se presentan pocas horas después de la inhalación. La duración de los síntomas es poca y cesan - pasadas veinticuatro horas. La fatiga puede persistir por -- dos o tres días.

Es muy probable que los síntomas de la enfermedad no se presenten luego que el trabajador se acostumbra a su nueva ocupación, sino después de varios días de descanso, cuando se vuelve a trabajar,(caso del polvo de algodón).

4.5 EXPLOSIONES DE POLVO.

Las particulas pequeñas son químicamente más activas que los conglomerados mayores a causa de su mayor área de superficie por unidad de masa. Muchos polvos se inflaman con cierta facilidad, cuando están en suspensión en forma de nube en el aire, y causan fuertes explosiones.

Una explosión de polvo puede definirse como la combustión rápica de una nube de polvo en el aire, durante la cual se genera calor a una velocidad mayor que la velocidad con que disipa. Este fenómeno es parecido a una explosión de gas, se caracteriza por el desarrollo repentino de presión, que frecuentemente causa la destrucción del equipo y la planta.

Las explosiones de polvos combustibles pueden suceder donde haya polvo de carbón, polvos metálicos, polvo de azufre, polvo de papel, polvo de resinas, polvo de hule y polvo de jabón. Como resultado del incremento en el uso de polvos metálicos, ha habido un aumento en el número de explosiones. Tales polvos metálicos comprenden al magnesio, aluminio, cadmio, zinc, cobre, fierro, manganeso, titanio, antimonio, zirconio, estaño, y plomo. De forma similar, el número de explosiones ha aumentado en la industria de plásticos moldeados, en los cuales muchas resinas sintéticas combustibles se emplean en forma de polvos de moldeo.

La concentración de polvo, el tamaño de partícula y

el grado de encierro del espacio en que está diseminado, tienen relación directa con la fuerza de la explosión. En general, los polvos oxidables tienen explosividad potencial, aunque la explosión no se produzca en una atmósfera que contenga menos de cierta concentración mínima de oxígeno, lo cual es muy útil para prevenir explosiones durante el manejo de ciertos metales.

Las explosiones por polvos son ocasionadas por temperaturas excesivamente altas, por arco eléctrico o flama; sucede con frecuencia que una nube de polvo se puede inflamar más fácilmente por un medio que por otro.

La concentración de polvo tiene relación importante con su explosividad, y en todo caso hay un mínimo de concentración en el aire que produce la explosión. Los polvos más inflamables son los que requieren menores concentraciones, véase la siguiente tabla.

Concentración explosiva mínima de diversos Polvos.

Polvo	Concentración explosiva mínima. g/dm^3
Metales:	
Magnesio	0.02 - 0.5
Aluminio	0.035- 0.01
Fierro	0.105
Fierro reducido por hidrógeno	0.12 - 0.25
Antimonio	0.19 - 0.22
Manganeso	0.21 - 0.35

Polvo	Concentración explosiva mínima. g/dm^3
Zinc.	0.5
Resinas:	
De urea	0.7 - 0.135
Fenólicas	0.025- 0.175
De lignina	0.04 - 0.065
De vinilo	0.02 - 0.04
De Poliestireno	0.02
De Acetato de celulosa.	0.035- 0.04
Caucho sintético	0.03
Hulla biruminosa	0.03 - 0.08

Con respecto al tamaño de partícula podemos decir que cuanto menor es la partícula del material oxidable, tanto -- más fácil se produce una explosión. La explosividad varía -- aproximadamente en razón inversa al diámetro de la partícula (ejemplo clásico de esto es el polvo para moldear de celulosa etílica).

CAPITULO V

5.1 MEDIDAS DE PREVENCION.

Durante muchos años, a los ingenieros, a los hombres de ciencia y a otras personas les ha preocupado el problema de la lucha contra el polvo, cómo evitar la formación de concentraciones de polvo peligrosas, cómo suprimir el polvo cuya formación no se puede evitar. Si bien se ha adelantado mucho en esto, el polvo en suspensión en el aire sigue siendo en muchos casos excesivo.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de las sustancias que se manejan en la industria, unidas a las condiciones ambientales del lugar donde se desempeña el trabajo, van a determinar los elementos fundamentales que son la causa de las diversas enfermedades profesionales que padecen los trabajadores en un gran número de industrias.

Generalmente, toda industria conoce o debiera conocer muy bien las sustancias que maneja; igualmente conoce y determina los procesos y métodos de operación, consecuentemente está conciente de los riesgos cuantificados que involucra su manipulación y por lo tanto con estos valiosos datos puede fácilmente adoptar alguna o todas las medidas necesarias para prevenir el riesgo.

Cuando en un trabajador se manifiestan los efectos que origina el polvo, lo mejor que debe hacerse es relevarle de su trabajo para evitar una mayor exposición. En muchos casos

esta medida es suficiente para detener la enfermedad. En --- otros casos, la enfermedad progresa (como es el caso de los síntomas producidos por inhalación de polvo de asbesto o de sílice), pero no tan rápidamente como hubiera ocurrido si se continúa expuesto al riesgo.

Los métodos preventivos han de aplicarse lo antes posible, con preferencia al mismo tiempo que se planifica la - fábrica o un proceso industrial.

Los métodos más comunes para la prevención del riesgo y para proteger la salud de los trabajadores, parte del principio de eliminar el riesgo en su origen. Estos pueden ser:

1. Reducir o eliminar la fuente de contaminación; esto se puede lograr por medio de la instalación de un sistema de ventilación.

2. Sustitución de sustancias nocivas por otras menos peligrosas o menos perjudiciales, siempre que las circunstancias lo permitan. Con ello puede eliminarse el riesgo o reducirse considerablemente. Desgraciadamente, las aplicaciones de éste principio son limitadas.

3. Cambios en el proceso, eliminando en esta forma -- los peligros de enfermedades profesionales si es posible. La mecanización y automatización de los procesos industriales - reducen el número de personas expuestas a la acción del polvo y permiten además la introducción de otros métodos que minimizan la volatilización del polvo en la atmósfera. Cuanto menor sea el número de personas que intervengan en el proceso fabril, tanto más fácil será la aplicación de medidas de

control, en beneficio de las personas expuestas a su acción - perjudicial.

4. Evitar la dispersión del agente contaminante, aislando el área de contaminación por medio de cabinas cerradas. Consiste simplemente en un procedimiento en que las partes objeto de la manipulación se mantienen dentro del túnel u otro lugar cerrado durante la mayor parte de la jornada. El aislamiento se combina a menudo con la ventilación por extracción, basada en que, cuanto más hermético sea el proceso, más eficaz resulta la ventilación con extractores, y disminuye considerablemente el peligro de contaminación.

5. Protegiendo con equipo de seguridad al trabajador, como respiradores, escafandras, anteojos, etc. Estos sistemas son en general algo molestos, razón por la cual no quiere el operario usarlos.

6. Educando al trabajador para que acepte y use adecuadamente su equipo personal de protección.

7. Enseñando y dándole oportunidades para desarrollar hábitos de higiene.

8. Comprobando que se cumplan las medidas de seguridad, mediante una supervisión efectiva.

9. Realizando exámenes médicos periódicos, para descubrir la enfermedad a tiempo, desde que comienzan a manifestarse los primeros síntomas.

10. Manteniendo cierto orden y limpieza en todas la -- áreas de trabajo.

11. Teniendo las instalaciones necesarias para que el personal pueda cultivar hábitos de higiene.

12. Mantener aseadas y provistas de lo necesario todas las instalaciones sanitarias.

De todos los métodos de lucha contra el polvo, el de ventilación por extracción es de hecho el más comúnmente empleado ya que sólo o en combinación con el de recintos aislados y el de mecanización.

Idealmente debería aplicarse en el punto donde se origina el polvo, puesto que su eficacia es menor cuanto más lejos se encuentra del lugar de origen.

Cuando las exposiciones a cantidades excesivas de polvo, sean intermitentes y de breve duración, o cuando sean impracticables la ventilación u otros métodos de control, se debe proteger al trabajador, por medio de un equipo protector de la respiración. Tal equipo debe prestar una protección adecuada contra el contaminante específico, en las condiciones en que éste se encuentre.

Los dispositivos personales de protección respiratoria se deben conservar en una condición, que sea sustancialmente la misma que cuando se reciben del fabricante, para mantenerlos en forma adecuada, se necesita un conocimiento completo del dispositivo y la operación de mantenimiento se debe encontrar a cargo de una persona responsable.

La reducción del polvo por el agua es un procedimiento de control. La pulverización de agua se utiliza en las minas

de carbón para combatir el polvo de las bandas trasportado-- ras, y reducir el producido por las operaciones de desprendi miento del carbón. En las actividades de taladrado se emplea un sistema de infusión hidraúlica que impide la producción de polvo. La industria del asbesto utiliza sistemas de humectación contra el polvo en los procesos de hilandería y textura.

Acerca de la prevención de enfermedades profesiona-- les, el reglamento de Higiene del Trabajo establece algunas disposiciones, tales como:

ARTICULO 6. Todo patrón está obligado a proporcionar a sus trabajadores los artefactos protectores que sean necesa rios, tales como: mascarillas, guantes. calzado especial, man diles, pecheras, gafas, etc, los cuales serán individuales y sólo podrán ser de uso colectivo previo permiso de la autoridad correspondiente.

ARTICULO 8. Es obligación de los patrones tener siempre en buenas condiciones las prendas que para protección -- personal suministren a los trabajadores, y estos están obligados a usarlas constantemente con el debido cuidado, exclusivamente durante las labores.

ARTICULO 12. En las labores que se efectúen en los -- centros de trabajo com empleo de materias asfixiantes, tóxicas infectantes, o especificamente nocivas para la salud, o en las cuales puedan producirse dichas materias, como consecuencia del trabajo mismo, es obligatorio advertir a los trabajadores, por medio de carteles, del peligro a que se expo-

nen y proporcionarles los medios de protección adecuados.

ARTICULO 15. Los patrones están obligados a mandar -- practicar exámenes médicos de admisión y períodicos a sus -- trabajadores: estos últimos, cuando menos cada dos años, y - el médico que los haga deberá anotar los datos obtenidos según el anexo número 2. En las industrias en que existan condiciones insalubres y en las que se empleen sustancias nocivas, la periodicidad de dichos exámenes se observará según la lista del anexo número 3. Esta lista podrá ser ampliada - por la autoridad correspondiente para los casos no previstos.

ARTICULO 20. Los patrones tienen la obligación de presentar a los médicos inspectores de la autoridad correspon-- diente, cuando éstos lo requieran, elregistro de exámenes médicos y los demás documentos relativos, proporcionándoles todos los datos que dichos inspectores juzguen necesarios para el desempeño de sus funciones.

ARTICULO 37. A reserva de lo que establezcan los re-- glamentos especiales, en la atmósfera de los lugares de trabajo se considerarán como cantidades máximas de polvo aceptables las siguientes, entendido que estas cantidades se refieren a las más pequeñas partículas de polvo.

Polvo sin contener sílice: 1,760 millones de partículas por metro cúbico. Polvo con pequeñas cantidades de sílice libre o combinada: 1,050 millones de partículas por metro cúbico. Polvo que contiene de 20 a 40 porciento de sílice libre 350 millones de partículas por metro cúbico. Polvo que -

contiene más de 40 porciento de sílice libre: 175 millones de partículas por metro cúbico.

En los lugares de trabajo donde las concentraciones de polvo excedan los límites anteriores, es obligatorio el desempolvado por medio de dispositivos de ventilación especial, o proveer a los trabajadores con equipo de protección individual.

ARTICULO 43. Todo centro de trabajo debe tener el servicio de agua potable suficiente para las necesidades de su personal, debiendo ser dicha cantidad no menor de 100 litros diarios por obrero o empleado, en las industrias químicas donde haya desprendimiento de polvos, se manipulen materiales o sustancias que ocasionen manifiesto desaseo, y de 30 litros para las demás. Los tinacos destinados al agua potable deben tener tapa que evite la entrada de sustancias extrañas, el fondo debe ser cónico y con llave de purga para su fácil aseo.

ARTICULO 49. En todos los departamentos o dependencias de los centros de trabajo debe existir, como mínimo, por cada 30 trabajadores en turno o fracción, una llave de agua corriente para el lavado de las manos, jabón líquido suficiente y toallas o secadores de aire caliente.

Queda a juicio de la autoridad correspondiente aumentar el número de llaves, cuando las condiciones especiales de las labores así lo requieran.

ARTICULO 51. Todo centro de trabajo deberá contar con

regaderas de agua fría y caliente, en proporción de una por - cada 20 trabajadores en turno o fracción mayor de 5; en las - industrias en que se manejen sustancias insalubres, la proporción deberá ser de una regadera por cada 10 trabajadores en - turno o fracción mayor de 5. Los baños destinados a mujeres - deben estar totalmente separados de los de los hombres. Se -- observarán en las instalaciones de los baños, todas las medidas higiénicas relativas a impermeabilización de muros y pi-- sos y al buen acondicionamiento de iluminación y ventilación.

ARTICULO 68. Las empresas en cuyo centro de trabajo -- exista desprendimiento de polvo sílico, remitirán cada año, a la autoridad respectiva, lo siguiente: una radiografía del torax de cada uno de los obreros que habitualmente con motivo - de su trabajo, aspiran dicho polvo, la cual tendrá las características que señale dicha autoridad y una breve historia -- clínica en que consten: el tiempo y clase de trabajo desempeñado, nombre y edad del trabajador, estatura y peso, temperatura vespertina, tensión arterial, número de pulsaciones y -- respiraciones en reposo y después del ejercicio, investiga--- ción del bacilo de Koch en la expectoración y especificación de si ha habido hemoptisis y sus características.

ANEXO 2:

Examen Médico.

Aparato respiratorio.

Aparato circulatorio.

Aparato digestivo

Aparato genitourinario

Sistema nervioso.

Psiquismo.

Organos de los sentidos.

Examen de los oidos.

Aparato locomotor.

Control de la aptitud deportiva del trabajador.

Además de las medidas habituales de prevención, deben tomarse algunas precauciones especiales para evitar explosiones de polvos.

1. Aislar todo local donde haya posibilidad de que se produzcan; siendo las paredes resistentes a la presión.

2. Se debeevitar la acumulación de polvo en vigas, anaqueles, etc.

3. Se excluirá toda posible causa de ignición. Se conectará con tierra toda máquina capaz de producir chispas. Se prohibirá fumar.

4. Se instalarán los aparatos necesarios para combatir incendios.

5. Se aislarán las operaciones polvosas y se dispondrá de un sistema adecuado de ventilación en los puntos peligrosos de la planta.

5.2 RECOLECTORES INDUSTRIALES DE POLVO.

El personal, la maquinaria de trabajo y la gente que vive en lugares circunvecinos a una industria polvosa necesitan ser protegidos por un eficiente sistema de recolección de polvos. La supresión de polvos, por incómodos, insalubres o tóxicos, es de gran necesidad en todas las industrias en las que se produzcan, y no solamente se deben recoger sino que se deben almacenar con el fin de evitar su salida al exterior.

La ventilación general de las fábricas donde se produzcan polvos, debe tratar solo de renovar el aire viciado por la respiración de los obreros, y no recoger de ninguna manera los polvos producto de fabricación, que deben ser suprimidos por otro procedimiento. O sea, que la ventilación general y los aparatos de recolección o aspiración de polvos son independientes.

En otras ocasiones la producción de polvo es el objeto primordial de la fábrica, y en este caso concurren la acción de la higiene industrial y la acción comercial del negocio, ya que el producto destinado a la venta son los propios polvos.

El ingeniero al resolver un problema de recolección de polvos debe evaluar la situación para poder seleccionar el más adecuado de los recolectores. Debe reunir información suficiente con datos, y hacer una selección preliminar del equipo necesario. Posteriormente puede recurrir a una compañía vendedora de ese tipo de equipo para decidir en forma defini-

tiva cuál es el más conveniente para sus necesidades. Conociendo bien y completamente el problema se pueden llegar a establecer bases firmes para evitarse pruebas e instalaciones inadecuadas.

Al embasar ciertos productos en sacos o barriles, tales como el cemento, el yeso, los abonos, etc, hay que usar ciertos procedimientos con el fin de evitar la pérdida del producto y los riesgos industriales emanados de ellos.

Los requisitos que debe satisfacer un equipo para la eliminación de polvos son los siguientes:

1. La maquinaria debe conservar su eficiencia de limpieza.

2. La eficiencia de limpieza debe ser virtualmente constante en todo el ciclo de operación.

3. La eficiencia ha de ser casi independiente de la velocidad de la corriente de gas.

4. La maquinaria no ha de necesitar interrupciones en su funcionamiento para limpiarla.

5. Debe satisfacer las condiciones ordinarias de bajo costo, durabilidad, bajo costo de mantenimiento y mínimo espacio.

Existen varios tipos de dispositivos colectores de polvos que se utilizan industrialmente:

a) Colectores mecánicos.

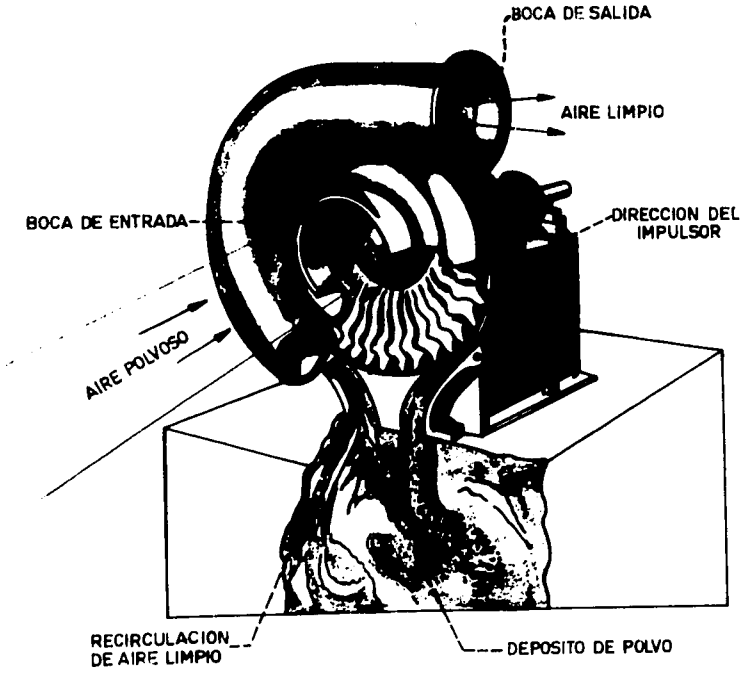
b) Filtros.

c) Precipitadores electrostáticos.

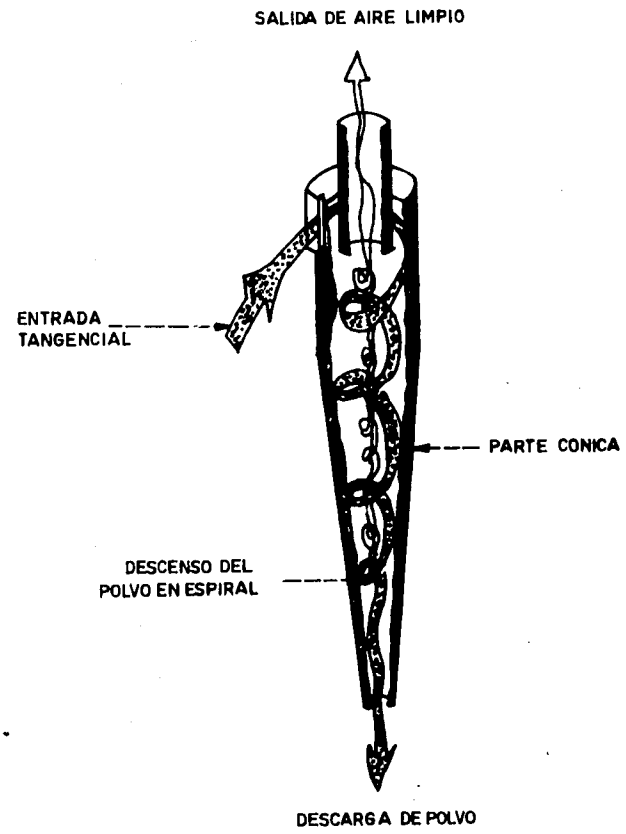
a) Colectores mecánicos.- Los colectores de este tipo suelen ser centrífugos o ciclónicos, secos o húmedos. Su funcionamiento se basa en que comunican al aire un movimiento -- vertiginoso que lo acelera, las partículas de polvo expulsa-- das por la fuerza centrífuga y por gravedad caen, entonces se recogen. Estos aparatos solo sirven para eliminar las partícu las grandes; rara vez, pueden eliminar las de menos de 10 micras.

Un método seco para recolectar polvos es el que por medio de un aspirador provoca una depresión, merced a la cual - los polvos producidos por las máquinas son absorbidos en virtud a la depresión y enviados por el interior de la tubería.- El recogepolvo de la Figura 5.2-1, consta de tres partes principales, boca de entrada, boca de salida y depósito de polvo. Al provocar una succión en la boca grande, el aire que contiene las partículas de polvo, en virtud de la fuerza centrífu-- ga son proyectadas sobre la pared del recogepolvo, resbalando por dicha pared hasta llegar al depósito de polvo, mientras - que el aire aspirado sigue el camino indicado por las flechas.

En los ciclones, Figura 5.2-2, el aire llega al vértice tangencialmente a la parte cilíndrica exterior, se expan-- siona y pierde su velocidad, después pasa bajo el cilindro en terior colocado en el centro y sale por arriba a través de un orificio cuyas dimensiones se regulan a voluntad. Los polvos continúan su camino debido a la velocidad adquirida, siguiendo el camino espiral, perdiendo velocidad al frotar y chocar



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 5.2-1 RECOGEPOLVO.	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	



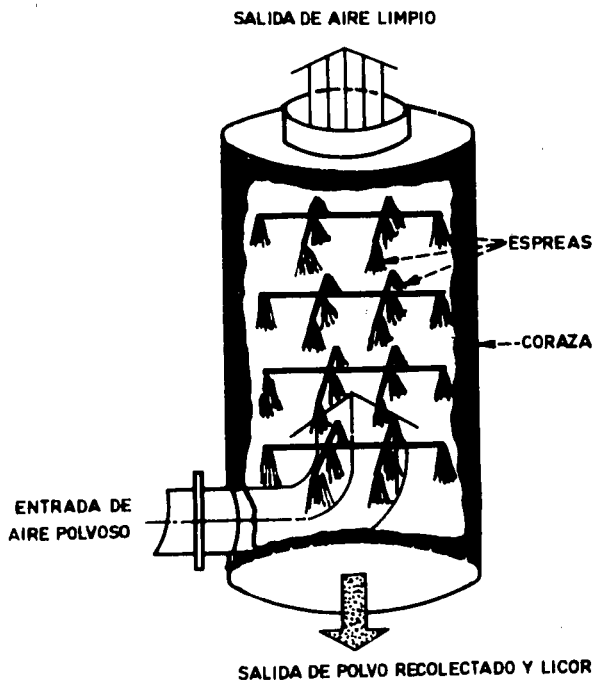
TESIS PROFESIONAL	
Fig. 5.2-2 CICLON	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

con las paredes del cono, y caen en el depósito inferior por gravedad.

En algunas industrias, para evitar que los trabajadores estén expuestos a la acción nociva de los polvos, se usa el procedimiento de humedecer las sustancias pulverulentas, con lo que se consigue la desaparición más fácil de estos polvos nocivos. El funcionamiento del colector húmedo Figura 5.2-3, es humedecer el polvo con agua caliente, después hacer un rociamiento con agua fría de manera que el agua se condensa en pequeñas gotas, aprisionando las partículas que actúan como núcleos de condensación y así pueden ser arrastradas.

b) Filtros.- Algunas características funcionales de los filtros son muy similares a los colectores inerciales, los polvos se recolectan de tal manera que se pueden utilizar, el aire no necesita humedecerse, pero tienen sus desventajas; la temperatura está limitada, el contenido de mineral también lo está porque por condensación se forman terrones que pueden ser corrosivos.

Los filtros usados para la limpieza de atmósferas industriales son del tipo de bolsa, mangas, tamices de lana, algodón o fibras sintéticas. Las partículas de polvo quedan detenidas en la superficie de minúsculas fibras, y al irse acumulando, se convierten en su propio agente filtrante. No es el tejido en si el que actúa como verdadero filtro, el aire pasa sobre la superficie y no a través de él. Así como se va acumulando el polvo, la caída de presión se aumenta hasta lle



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 5.2-3 COLECTOR HUMEDO	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

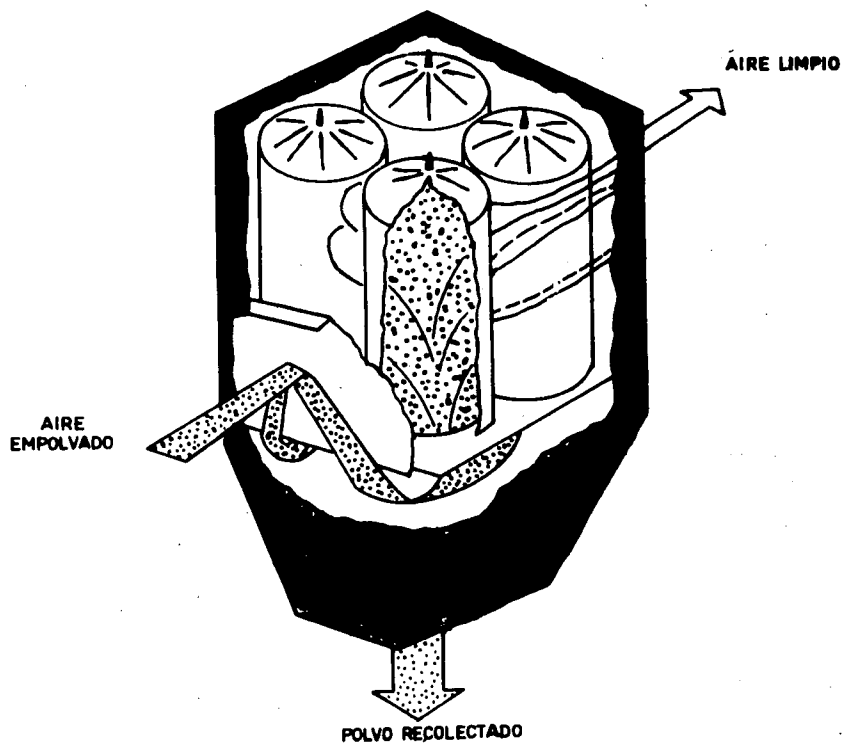
gar a un punto en el cual las partículas se deben remover. Este tipo de recolector cuenta también con un sistema de aspiración de aire que generalmente es un ventilador, y con un sistema mecánico que actúa comunicándole un movimiento vibratorio a todas las bolsas, provocando esto que la mayor parte del polvo retenido en ellas caiga hacia la tolva de donde se puede sacar posteriormente.

Las bolsas o mangas de franela son los tipos de filtro que dan los mejores resultados.

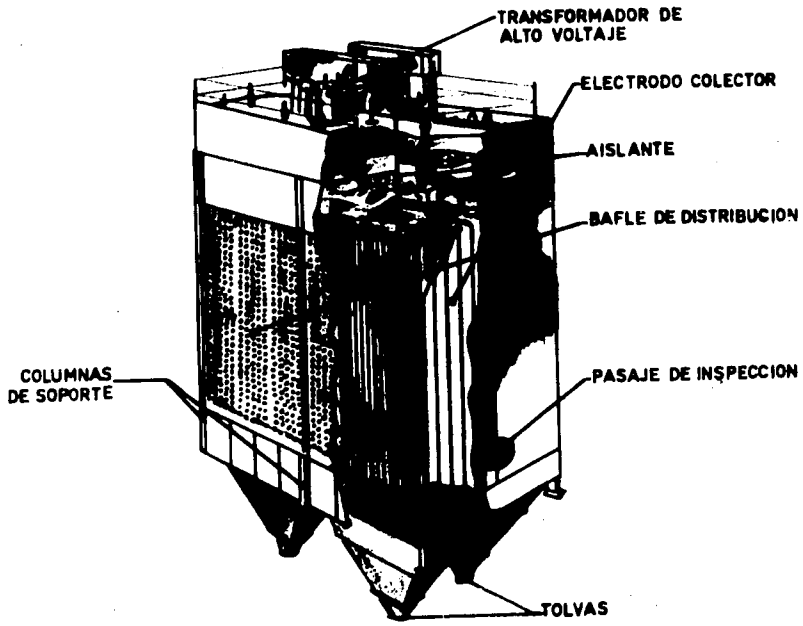
Los filtros se usan debido a su gran eficiencia (más del 99 %) para captar partículas pequeñas dentro del rango submicroscópico. Su eficiencia no se ve alterada si se varían las condiciones de trabajo o las propiedades del aire. Sus costos son moderados. Necesitan de un espacio más o menos grande pero que es aceptable porque las partículas se recuperan secas y suceptibles de uso posterior.

Se representa un filtro en la Figura 5.2-4.

c) Precipitadores electrostáticos. Figura 5.2-5. Son aparatos que se emplean para separar partículas sólidas del gas en que se encuentran en suspensión. El proceso consta de dos etapas. En la primera la suspensión atraviesa una zona de descarga eléctrica (descarga en corona), donde tiene lugar la ionización del gas. Los iones producidos chocan con las partículas suspendidas y les comunican una carga eléctrica. Las partículas cargadas, son arrastradas hacia el electrodo de signo opuesto y se depositan en él, quedando neutralizada su



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 5.2-4 FILTRO	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	



TESIS PROFESIONAL	
Fig. 5.2-5 PRECIPITADOR ELECTROSTATICO.	F.Q. 1970
JUAN ANTONIO LOPEZ CILLERO	

carga eléctrica.

En un precipitador eléctrico se mantiene una diferencia de potencial alta en una dirección y se establece una corriente entre dos grupos espaciados de electrodos, entre los cuales pasa el gas que va a ser tratado. Los gases pasan por el potente campo en que hay muchos iones y muchos otros están siendo desprendidos. Al moverse los iones en el campo eléctrico se adhieren a las partículas suspendidas y hacen que estas se depositen en la superficie de los electrodos.

Un precipitador consta generalmente de un casco para los gases, de los electrodos colectores, los electrodos de descarga, y las tolvas para almacenar el polvo precipitado. Los precipitadores son de dos tipos: de alambre en tubos y de alambre en placas.

El dispositivo en su forma más simple de alambre en tubos, consiste de un tubo vertical que contiene un alambre concéntrico aislado. En el alambre central se aplica un potencial de corriente continua de 10-100 kilovoltios, dando lugar a una descarga en corona en una pequeña zona alrededor del alambre. Las partículas se ionizan en la descarga en corona y emigran hacia las paredes del tubo vertical. Las partículas sólidas se separan mediante vibración mecánica o rascadores y se eliminan por un colector cónico colocado en el fondo del tubo.

Los precipitadores de placas constan de una serie de placas paralelas, empaquetadas con soltura y cargadas alterna

tivamente que se encuentran encerradas en un casco donde se - forman ductos por los que pasa el gas. Las placas pueden ser de acero plano o acanalado, losas de hormigón armado, corti-- nas de varillas, etc.

La elección del tipo de precipitador dependerá de las propiedades físicas y químicas del material que se va a separar, el espacio de que dispone y del grado de purificación - que se quiera obtener.

El rendimiento de estos aparatos depende de algunas variables como tamaño, forma y tipo del electrodo, espaciamiento de electrodos, velocidades y tiempo de tratamiento del gas, tamaño de las cámaras.

Las ventajas principales de los precipitadores elec--- trostáticos son su capacidad para tratar grandes volúmenes, a elevada temperatura si es necesario, poca caída de presión, y separa partículas de tamaño pequeño.

CAPITULO VI.

6.1 CONCLUSIONES.

Además de los medios de prevención adecuados, debe contarse y establecerse las normas de higiene y seguridad personal que complementen la acción preventiva.

La educación y el adiestramiento del trabajador en el manejo de los métodos o equipos de prevención colectiva e individual ayudan a disminuir el riesgo.

El costo o inversión que representa la instalación de los equipos de prevención es recuperable en un plazo generalmente breve si se considera el costo que la imprevisión representa.

Para evitar la asociación frecuente de padecimientos infecciosos en procesos neumoconiósicos como medida preventiva debe establecerse el examen médico preocupacional o de selección y el examen médico periódico de control para poder obtener personal de trabajo apto en forma adecuada para las industrias polvosas.

Aparte de estimar que las medidas de prevención generales son la base de seguridad para evitar los riesgos propios de la industria polvosa, debe procurarse el proteger al individuo con equipo y ropa adecuados así como con la educación conveniente para hacer eficaces tanto las medidas generales como las individuales.

CAPITULO VII

7.1 BIBLIOGRAFIA.

1. Information Medicales.
   E. Fournier.
   Paris, Francia.
   No. 10, Junio 1963

2. Archives Des Maladies Professionnelles De Medicine Du Travail Et De Securite Social.
   Paris, Francia.
   Tomo 18, Número 1
   Janvier - Février, 1957

3. Archives Des Maladies Professionnelles De Medicine Du Travail Et De Securite Social
   Paris, Francia.
   Tomo 26, No. 1-2
   Enero-Febrero, 1965

4. Respiratory Protective Equipment.
   Safety in Industry.
   Boletín 226
   Washington, D.C. E.U.A.
   1961

5. Industrial Dust.
   Drinker,P and Hatch,T.
   Mc Graw-Hill 1a. Edición.
   New York , E.U.A.
   1936

6. Oficina Internacional del Trabajo
   Guía para la Prevención y la Supreción del Polvo en las minas, los túneles y las canteras.
   Ginebra, Suiza.
   1965

7. Studio Sperimentale Sul Meccanismo Di - Penetrazione Di Polveres Nell'interstizio Pulmonare. Inalazione Di Polvere Di Poccole Dimensione. Med. del Lavoro.
   Lewis,F. y Tomatis L.
   Italia.
   1957

8. Instrucciones y Plan de Trabajo
Para las Comisiones de Seguridad
e Higiene.
Edición del I.M.S.S., 2da. Edición.
México,D.F., 1968

9. Reglamento de Medidas Preventivas
de Accidentes de Trabajo.
Edición del I.M.S.S.
México, 1968

10. The Diseases of Ocupations.
Donald Hunter
The English Universities Press LTD.
5ta. Edición.
Londres, Inglaterra.
1969

11. Revista Higiene y Seguridad.
Editada por A.M.H.S.A.C.
Vol. IX. No. 1, Enero, 1969
México,D.F.

12. Revista Higiene y Seguridad.
Editada por A.M.H.S.A.C.
Vol. VII No. 6 Junio, 1967
México,D.F.

13. Higiene Industrial.
V. Gea Uberos.
Editorial Aguilar.
3a. Edición, 1967
Madrid, España.

14. Reglamento de Higiene del Trabajo.
1a. Edición.
Ediciones Andrade,S.A.
1965
México,D.F.

15. Industrial Hygiene and Toxicology.
Frank Patty
Vol. I y II
Interscience Publisher
1958
New York,E.U.A.

16. XIV Congreso Internacional de Medicina del Trabajo.
Vol. I, 16-21 de Septiembre , 1963
Madrid, España.

17. Medicina del Trabajo.
Año XXIV No. 202-203
Nov.-Dic. 1959
Buenos Aires, Argentina.

18. Lesiones Deportivas y Profesionales
J. Pacheco Oliveras.
1a. Edición. 1964
Barcelona, España.

19. Revista de Seguridad.
Año XX no. 183
Enero-Febrero, 1962
Buenos Aires, Argentina.

20. Introducción a la Higiene Industrial.
J.J. Bloomfield.
Editorial Reverté, S.A.
2da.Edición. 1964
México,D.F.

21. Chemical Engineering.
Dust Collection Equipment.
Gordon D. Sargent.
Enero 27, 1969
E.U.A.

22. Oficina Internacional del Trabajo.
La protección de los trabajadores en contra de las enfermedades e intoxicaciones profesionales.
Ginebra, Suiza.
1957.

23. Anual Report of Factories on Industrial Health.
Los polvos peligrosos pueden ser invisibles.
B.H. Harvey and W.D. Buchanan.
Ministerios del Trabajo
Agosto 1967
Londres, Inglaterra.